昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，February 2006，49(1)：160 – 166 ISSN 0454-6296

用转基因棉籽作平菇培养料时平菇主要害虫的发生动态

王因霞[1]，徐宝梁[1,2]，张青文[1*]，马妍妍[1]

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院，北京 100094；2. 中国检验检疫科学研究院，北京 100025)

摘要：**为了评估转基因棉籽对平菇害虫发生的影响，利用转 Bt 基因棉籽及其亲本对照棉籽配制平菇培养的菌棒，在菇棚中自然感虫，观察了平菇厉眼菌蚊、粪蚊、蚤蝇和螨类的发生情况。结果表明，含对照棉籽菌棒中平菇厉眼菌蚊和螨类发生量高于含转基因棉籽菌棒，随着棉籽浓度的增加，对照棉和转 Bt 基因棉对平菇厉眼菌蚊均表现出抑制作用。对照棉籽对粪蚊的抑制作用比转 Bt 基因棉籽强，但随着棉籽浓度的增加，含对照棉籽菌棒中粪蚊发生量呈递增趋势。随着棉籽浓度的增加，含对照棉籽菌棒中蚤蝇发生量呈递增趋势，含转 Bt 基因棉籽菌棒中蚤蝇发生量递减；低含量时对照棉籽对蚤蝇的抑制作用强，而高含量时转 Bt 基因棉籽对蚤蝇的抑制作用强。**

关键词：**转 Bt 基因棉；棉籽；平菇；平菇厉眼菌蚊；粪蚊；蚤蝇；种群动态**

中图分类号：Q968　　文献标识码：A　　文章编号：0454-6296(2006)01-0160-07

Population dynamics of main pests in the culture containing transgenic Bt cottonseeds for the mushroom *Pleurotus ostreatus*

WANG Yin-Xia[1]，XU Bao-Liang[1,2]，ZHANG Qing-Wen[1*]，MA Yan-Yan[1] (1. College of Agronomy and Biotechnology，China Agricultural University，Beijing 100094，China；2. Chinese Academy of Inspection and Quarantine，Beijing 100025，China)

Abstract：For evaluating the effects of transgenic Bt cottonseeds，the population dynamics of main dipteran and mite pests in the cultures containing transgenic Bt cottonseeds and non-transgenic cottonseeds for the mushroom *Pleurotus ostreatus* planted in the cage were investigated. The results showed that the population of *Lycoriolla pleuroti* and mites in the culture containing non-transgenic cottonseeds was higher than in the culture containing transgenic cottonseeds. With the increase of both transgenic and non-transgenic cottonseed content in the culture，the occurrence of *L*. *pleuroti* decreased. But for *Scatopse* spp.，the effect of non-transgenic cottonseeds was stronger than that of transgenic cottonseeds，and the population of *Scatopse* spp. showed a clear decreasing tendency with the increase of the non-transgenic cottonseed content. With the increase of cottonseed content，the population of *Megaselia* spp. increased in the culture containing non-transgenic cottonseeds，but decreased in the culture containing transgenic cottonseeds. The effect of transgenic cottonseeds on *Megaselia* spp. was stronger than that of the non-transgenic cottonseeds when the content of cottonseed was low，while this tendency was in contrary when the content of cottonseed was high.

Key words：Transgenic Bt cotton；cottonseed；*Pleurotus ostreatus*；*Lycoriolla pleuroti*；*Scatopse* spp.；*Megaselia* spp.；mites；population dynamics

转 Bt 基因棉花引入外源基因片段，使棉花植株能产生 Bt 毒蛋白，从而对棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)**、红铃虫** *Pectionophora gossypiella* (Saunders) **等棉花主要害虫具有抗性；另一方面，Bt 基因的引**

基金项目：科技部社会公益型重点项目(202DIA50034)；国家重点基础研究发展规划“973”项目(G2000016209)；国家科技攻关计划项目(2001BA507A-11-02)

作者简介：王因霞，女，1978 年 12 生，硕士生，研究方向为植物抗虫性，E-mail：yinxiaw.student@sina.com

* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：zhangqingwen@263.net

收稿日期 Received：2005-04-27；接受日期 Accepted：2005-12-02

入，使棉花的产量提高，棉纤维的品质也有所提高（Wilson *et al*.，1994），Bt 棉花被大面积种植。农业生物技术应用国际服务组织（ISAAA）发布 2004 年中国转基因棉花的种植面积达 370 万公顷。

棉子壳营养丰富、透气性好，是食用菌栽培的主要原料（方芳，1999）。Bt 棉棉子壳中含有并附着有 Bt 蛋白，棉花种子中还含有丰富的棉酚类等物质（张永军等，2000）。目前，对于转 Bt 基因抗虫棉花对棉田中非靶标害虫的影响（Wilson *et al*.，1992；王武刚等，1999；崔金杰和夏敬源，1998，2000；刘向东等，2002；Wu *et al*.，2002；邓曙东等，2003；孙长贵等，2003）、对天敌昆虫的影响（崔金杰和夏敬源，1998，2000；邓曙东等，2003；孙长贵，2003），均进行了较为广泛的研究。但在食用菌栽培的生态系统中，转 Bt 基因抗虫棉棉籽对食用菌害虫的影响，至今未见报道。北京地区平菇（学名侧耳）*Pleurotus ostreatus*（Jacq. ex Fr.）Kummer 的主要害虫多为双翅目昆虫，双翅目昆虫主要在幼虫期取食培养料、菌丝体和子实体。本实验根据平菇双翅目昆虫幼虫危害培养料的习性，探索了 Bt 棉棉籽对平菇厉眼菌蚊 *Lycoriella pleuroti*、粪蚊 *Scatopse* spp.、蚤蝇 *Megaselia* spp.和螨类发生的影响。

1　材料与方法

1.1　供试棉花种子

中棉所 30 号（转入的基因为 *Cry1Ac*，以下简称中 30），中棉所 16 号（常规对照棉，中 30 的受体，以下简称中 16），由中国农业科学院棉花研究所提供。

1.2　平菇培养用菌棒的制作

棉籽晒干粉碎，按表 1 配制培养料。根据徐宝梁等（2004）方法制作菌棒，其中栽培袋大小为 33 cm（长）× 12 cm（直径）× 0.045 cm（塑料膜厚），每袋装料约 100 g，并拌入 0.2 g 多菌灵控制杂菌生长，两层料 3 层种接种。

表 1　平菇培养料配方

Table 1　The recipe of the culture for *Pleurotus ostreatus*

处理 Treatment	含量（干重，%）Content（Dry weight，%）						
	棉籽 Cotton seed	麦麸 Millfeed	木屑 Sawdust	CaO	$CaSO_4$	$Ca(H_2PO_4)_2$	蔗糖 Saccharose
1	3	20	70	4	1	1	1
2	10	13	70	4	1	1	1
3	20	3	70	4	1	1	1

1.3　菌棒感虫与虫量调查

用常规棉中 16 作为中 30 的对照，按表 1 配制含不同浓度棉籽的菌棒，每个处理 5 个菌棒。待菌丝满袋后，放入菇棚让其自然感虫，7 天后（6 月 14 日至 6 月 21 日），将菌棒单个放入由 100 目滤纱做成的网袋中。平菇栽培品种为高邮 40 号，菌棒横截面直径 12 cm，长约 15 cm，接种时加 0.2%（干重）多菌灵外，整个生长期不施农药。夏季菇棚顶部有遮盖物调节光照强度，空气湿度 80% ± 5%，菇棚温度 28℃左右，虫害发生量大。

成虫羽化后，每 3 天调查一次，分别记录每个网袋中成虫的种类和数量，并将调查过的成虫从网袋中取走。

1.4　数据统计分析

采用 SPSS 数据处理软件对每个观察日期的 6 个处理 5 个重复的实验数据使用 LSD 法进行多重比较分析。

2　结果与分析

2.1　平菇厉眼菌蚊的发生动态

平菇厉眼菌蚊发育不整齐，成虫羽化历时较长，有 2 个发生高峰，在 7 月 7 日有个较小的发生高峰，之后发生量下降，在 7 月 28 日至 8 月 9 日有个大的发生高峰（图 1）。在第 1 个发生高峰，10% 中 16 处理的虫量高于其他处理，差异显著（$P < 0.05$）；在第 2 个发生高峰，7 月 25 日和 28 日，3% 中 16 处理的虫量高于其他处理，差异显著（$P < 0.05$）。培养料中棉籽含量增加，成虫羽化高峰时间推迟，20% 棉籽处理与 3% 和 10% 棉籽处理相比，平菇厉眼菌蚊成虫发生高峰期推迟了 4 ~ 6 天；20% 棉籽处理中，和中 16 处理相比，中 30 处理中的平菇厉眼菌蚊成虫发生高峰期推迟 1 ~ 2 天。菌棒中棉籽抑制平菇厉眼菌蚊发生，棉籽含量增加，抑制作用加强。

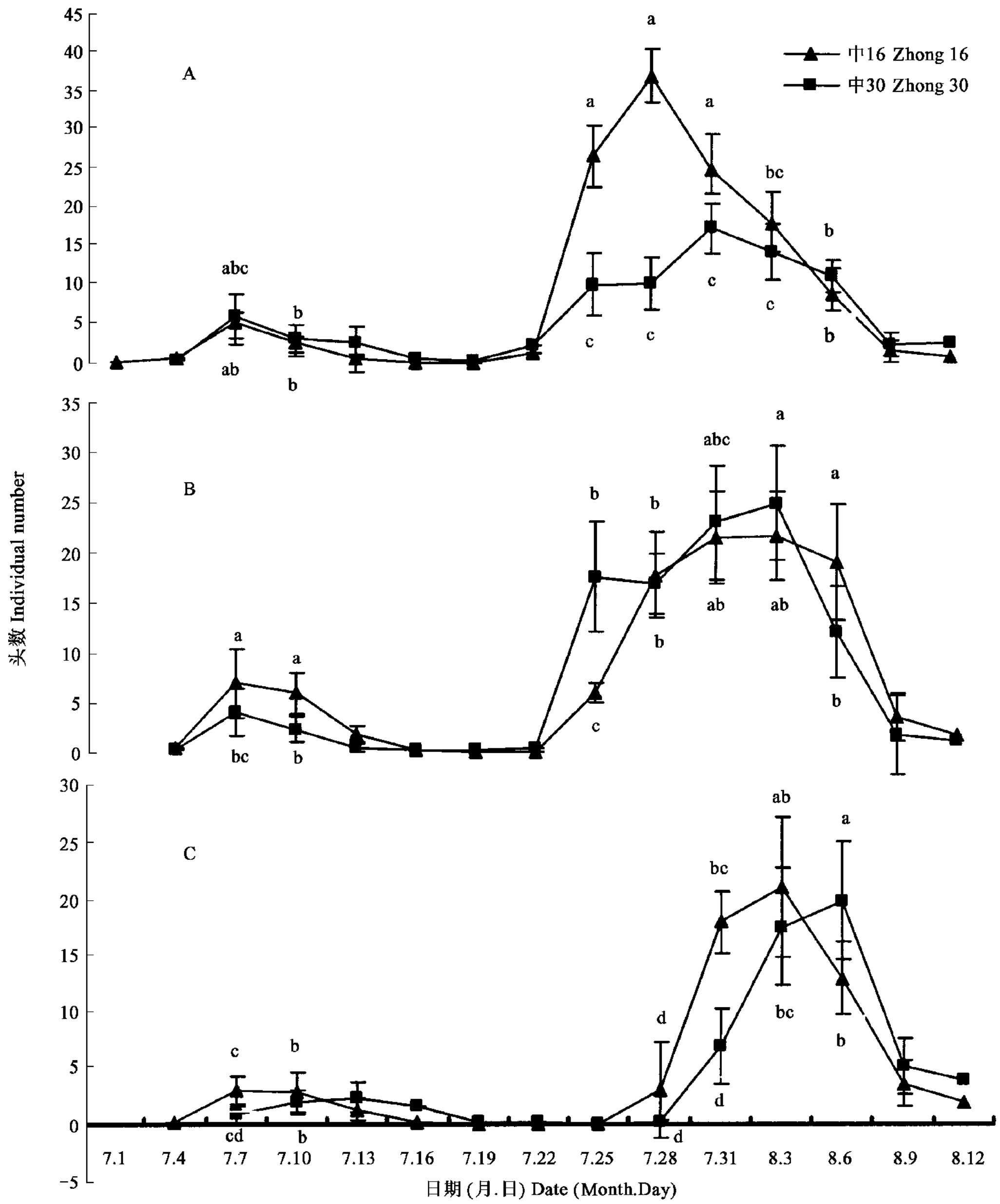

图 1 平菇厉眼菌蚊的发生动态

Fig. 1 The population dynamics of *lycoriella pleuroti* in the culture containing transgenic Bt cottonseeds

3 个棉籽浓度的菌棒同一天调查调查数据比较，不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。Different letters on the same day indicate significant difference at $P<0.05$ level between different contents of cottonseed. A. 棉籽含量为 3% Cottonseed content 3% ；B. 棉籽含量为 10 Cottonseed content 10% ；C. 棉籽含量为 20% Cottonseed content 20% . 后同 The same below.

2.2 粪蚊的发生动态

3%和 10%中 16 处理中，粪蚊发生动态较平缓，成虫羽化高峰不明显 ；而其他 4 个处理在感虫后 35 天左右出现羽化高峰（图 2）。7 月 13 日，3%中 16 处理的虫量高于其他处理，差异显著（$P<0.05$）；7 月 16 日和 19 日，10%中 16 处理的虫量高于其他处理，差异显著（$P<0.05$）；7 月 25 日后，其他 4 个处理的虫量达最高峰时，这两个处理的虫量又低于其他处理，差异显著（$P<0.05$）。中 30 棉籽配制的菌棒中，随棉籽含量增加，粪蚊成虫羽化高峰分别推迟 3～4 天。

2.3 蚤蝇的发生动态

感虫后 11 天左右，成虫开始羽化，成虫羽化历时较短，大部分成虫在 10～12 天内羽化。不同处理的菌棒中，蚤蝇的发生规律比较一致 ；6 月 25 日开始，蚤蝇发生量迅速增加 ；3%中 30 处理蚤蝇发生量高于对照 ；10%和 20%中 16 处理的虫量高于中 30 处理 3 个处理，在 6 月 28 日和 7 月 1 日两次调查中，

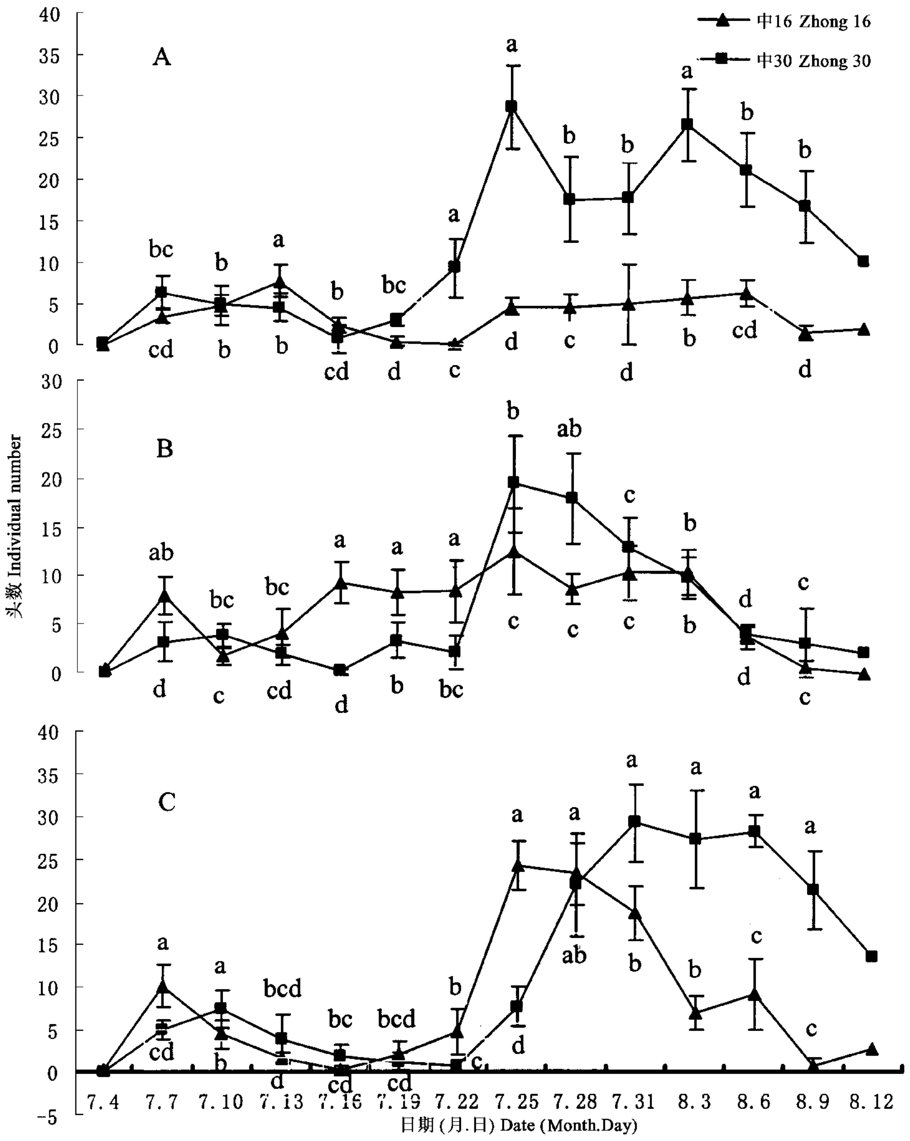

图 2　粪蚊的发生动态

Fig. 2　The population dynamics of *Scatopse* spp. in the culture containing transgenic Bt cottonseeds

都有显著差异（$P < 0.05$）；7 月 4 日，各处理的虫量均达最高峰，以后虫量骤降（图 3）。低含量时对照棉籽对蚤蝇的抑制作用强，而高含量时转 Bt 基因棉籽对蚤蝇的抑制作用强。

2.4　不同处理的菌棒中螨类种群的发生动态

从图 4 可以看出，不同处理间螨类发生量在时间上比较一致。发生时间最长，从菌棒自然感虫之日起，就开始有零星发生，感虫后 23 日至 30 日为发生高峰。在整个调查期间，棉籽含量 10%和 20%时，含中 16 棉籽的菌棒中虫量高于中 30 棉籽菌棒中的虫量。

3　讨论

转基因棉花对田间非靶标昆虫的影响已经有较全面的研究报告，由于转基因棉对棉铃虫的良好控制，农药施用量减小，转基因棉田非靶标昆虫量高于常规棉田（武刚等，1999；崔金杰和夏敬源，1998，1999，2000；邓曙东等，2003；郦卫弟等，2003；王风延等，2003；杨磊等，2003）；而魏国树等（2001）和孙长贵等（2003）报道，棉花整个生育期不施用任何农药，转基因棉田捕食性、植食性昆虫和蜘蛛类发生量低于常规棉田。本实验中含转基因棉籽的培养料中平菇厉眼菌蚊和螨类的发生量低于对照，粪蚊的发生量高于对照；当棉籽浓度为 3%时，蚤蝇发生量高于对照，棉籽浓度增加，蚤蝇发生量低于对照。随棉籽含量增加，平菇厉眼菌蚊和粪蚊的生长受到抑制，成虫羽化高峰期延迟。

培养料中平菇害虫发生量的可能影响因素包括

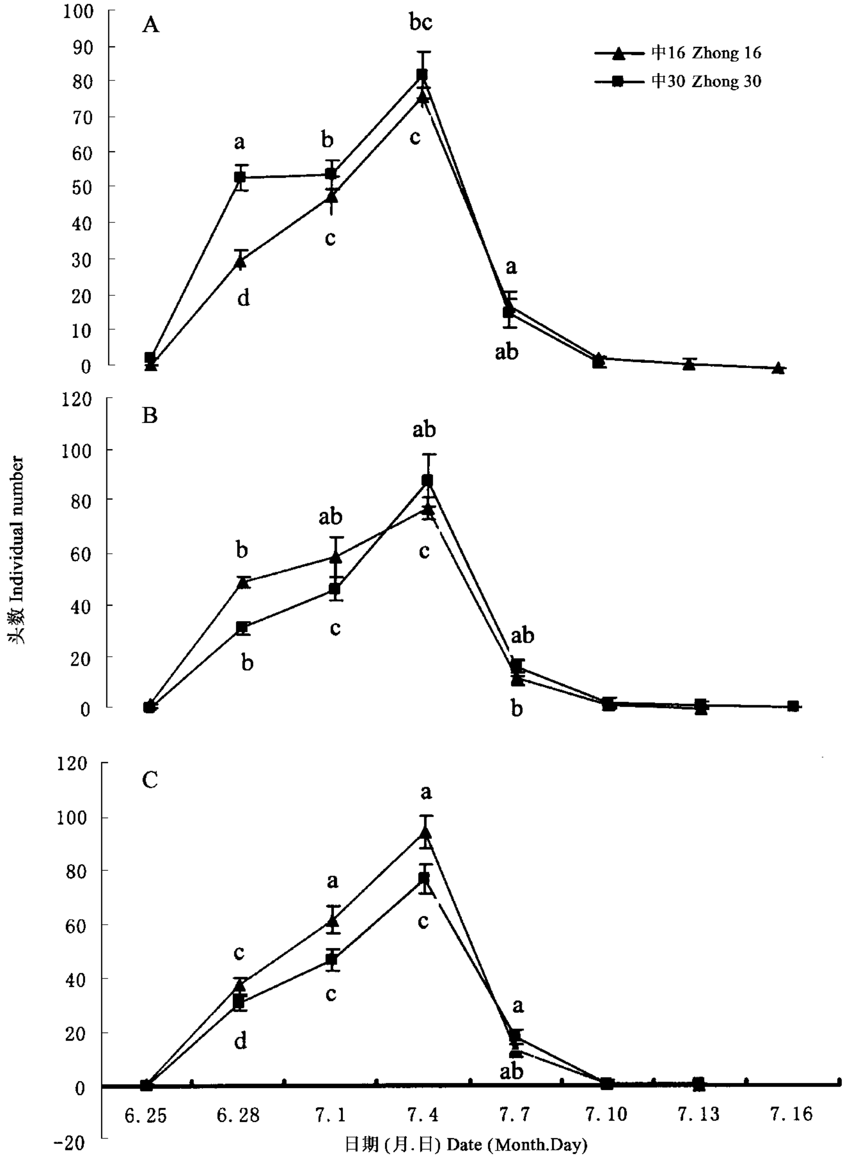

图3 蚤蝇的发生动态

Fig. 3 The population dynamics of *Megaselia* spp. in the culture containing transgenic Bt cottonseeds

棉籽中次生代谢物质和外源 Bt 杀虫蛋白。Bt 杀虫蛋白的杀虫谱较窄，对棉铃虫的杀虫活性已有大量实验证实，Bt 杀虫蛋白对天敌昆虫的负面影响也有报道(Salama *et al*., 1991；崔金杰和夏敬源，1999；Hilbeck *et al*.,1999；Baur and Boethel，2003；孙长贵等，2003；任璐等，2004)，可能是 Bt 蛋白影响了寄主的生长，间接影响了天敌的死亡率和寄生率，也可能是 Bt 蛋白直接作用于天敌的结果；棉籽中杀虫活性较高的次生代谢物质主要有棉酚、单宁和黄酮类化合物，武予清(2000)对棉花七叶期到铃期的次生代谢物质测定结果表明，转基因棉花中的缩合单宁和总酚含量显著低于其对照亲本棉，认为外源基因显著影响了棉花的次生代谢；而芮玉奎(2003)报道抗虫棉中棉酚在整个生育期高于常规对照棉，缩合单宁含量前期抗虫棉高于常规棉，后期常规棉高于抗虫棉。张永军等(2002)研究认为，外源 Bt 杀虫蛋白表达对棉花棉酚及总抗虫萜烯类和芸香苷、槲皮素和异槲皮苷等抗虫黄酮类物质的合成总体上不存在不利影响，棉花生长前期，转 Bt 棉花缩合单宁的含量较对照亲本明显降低，但种子中单宁含量转基因棉高于常规对照，由此推测转基因棉花中次生代谢产物的含量是否受外源杀虫基因的影响与棉花本身的遗传类型有关。我们在实验室内测定，转基因棉籽中棉酚、单宁和黄酮的含量均高于对照亲本(另文发表)。外源 Bt 晶体蛋白、黄酮类化合物、棉酚和单宁各自均有很高的抗虫性，关于它们之间的交互作用机

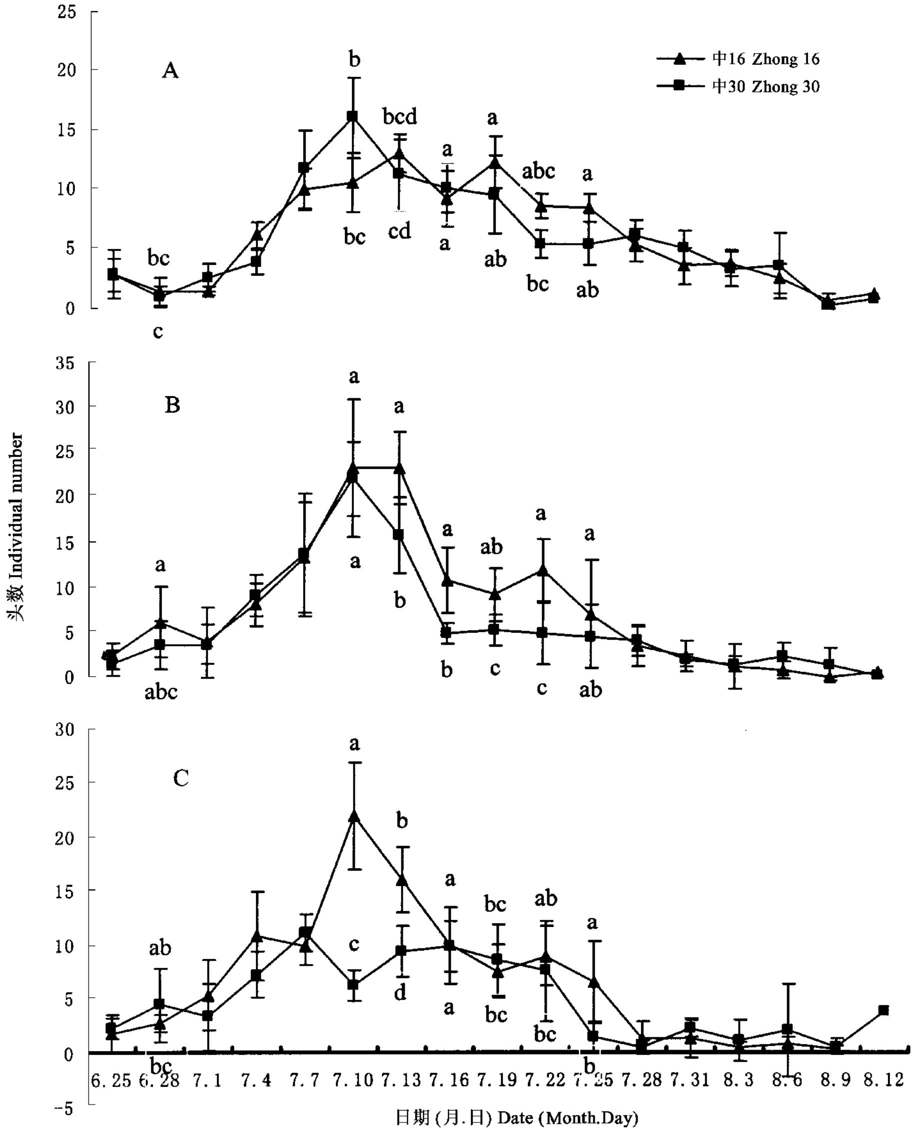

图 4 螨类种群的发生动态

Fig. 4 The population dynamics of mites in the culture containing transgenic Bt cottonseeds

理，目前有报道 Bt 晶体蛋白和抗虫次生物质的互作关系，在棉铃虫生测实验中，Bt 蛋白和黄酮类、棉酚、单宁的关系分别为增效、协同和拮抗作用。推测外源 Bt 杀虫晶体蛋白对平菇害虫的影响是与棉花次生代谢物质及外界环境综合作用的结果，Bt 蛋白与其他抗虫次生物质的关系尚需进一步研究探索。

参考文献（References）

Baur ME，Boethel DJ，2003. Effect of Bt-cotton expressing Cry1A(c) on the survival and fecundity of two Hymenoptera parasitoids (Braconidae, Encyrtidae) in the laboratory. *Biological Control*，26：325 – 332.

Cui JJ，Xia JY，1998. Effects of *Bt* transgenic cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*，10(5)：255 – 262. [崔金杰，夏敬源，1998. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报，10(5)：255 – 262]

Cui JJ，Xia JY，1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica*，11(2)：84 – 91. [崔金杰,夏敬源，1999. 转 Bt 基因棉对天敌种群动态的影响. 棉花学报，11(2)：84 – 91]

Cui JJ，Xia JY，2000. Effects of transgenic Bt cotton R93-6 on the insect community. *Acta Entomologica Sinica*，43(1)：43 – 51. [崔金杰，夏敬源，2000. 麦套夏播转 Bt 基因棉 R93-6 对昆虫群落的影响. 昆虫学报，43(1)：43 – 51]

Deng SD，Xu J，Zhang QW，Zhou SW，Xu GJ，2003. Effect of transgenic Bt cotton on population dynamics of the non-target pests and natural enemies of pests. *Acta Entomologica Sinica*，46(1)：1 – 5. [邓曙东，徐静,张青文,周世文,徐冠军，2003. 转 Bt 基因棉对非靶标害虫及害虫天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46(1)：1 – 5]

Fang F，1999. Practical Planting Techniques for Pleurotus ostreatus. Jiangsu Science and Technology Publishing House. 13. [方芳，1999. 平菇栽培实用技术. 江苏科学技术出版社. 13]

Hilbeck A，Moar WJ，Carey MP，Pusztai-Carey M，Filippini A，Bigler F，1999. Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomol. Exp. App.*，91：305 - 316.

Li WD，Wu KM，Chen XX，Feng HQ，Xu G，Guo YY，2003. Effects of transgenic cottons carrying *Cry1A* + *CpT*Ⅰ and *Cry1A* genes on the structures and composition of pest and beneficial Arthropod communities in cotton field in north China. *Journal of Agricultural Biotechnology*，11(5)：494 - 499.［郦卫弟，吴孔明，陈学新，封红强，徐广，郭予元，2003. 华北地区转 *Cry1A* + *CpT*Ⅰ和 *Cry1A* 基因棉棉田害虫和天敌昆虫的群落结构. 农业生物技术学报，11(5)：494 - 499］

Liu XD，Zhai BP，Zhang XX，Cui JJ，2002. The effect of transgenic cotton on fecundity and feeding behavior of *Aphis gossypii* (Homoptera：Aphididae). *Journal of Nanjing Agricultural University*，25(3)：27 - 30.［刘向东，翟保平，张孝羲，崔金杰，2002. 转基因棉对棉蚜繁殖与取食行为的影响. 南京农业大学学报，25(3)：27 - 30］

Liu XX，Zhang QW，Cai QN，Li JC，Dong J，2004. Effect of Bt protein on development of different strains of the cotton bollworm，*Helicoverpa armigera* (Hübner) and the parasitoid，*Microplitis mediator* (Haliday). *Acta Entomologica Sinica*，47(4)：461 - 466.［刘小侠，张青文，蔡青年，李建成，董杰，2004. Bt 杀虫蛋白对不同品系棉铃虫和中红侧沟茧蜂生长发育的影响. 昆虫学报，47(4)：461 - 466］

Ren L，Yang YZ，Li X，Miao L，Yu YS，Qin QL，2004. Impact of transgenic *Cry1A* plus *CpTI* cotton on *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera：Noctuidae) and its two endoparasitoid wasps *Microplitis mediatar* (Hymenoptera：Braconidae) and *Campoletis chlorideae* (Hymenoptera：Ichneumonidae). *Acta Entomologica Sinica*，47(1)：1 - 7.［任璐，杨益众，李暄，苗麟，余月书，秦启联，2004. 转基因抗虫棉对棉铃虫及其内寄生蜂的双重效应. 昆虫学报，47(1)：1 - 7］

Salama HS，El-Moursy A，Zaki FN，Aboul-Ela R，Abdel-Razek A，1991. Parasites and predators of the meal moth *Plodia interpunctella* Hbn. as affected by *Bacillus thuringiensis* Berl. *J. Appl. Ent.*，112：244 - 253.

Song TJ，Wu HX，Liu JZ，2004. Status and industrialization of transgenic insect-resistant cotton. *Agricultural Science & Technology Newsletter*，9：34 - 35.［宋天俊，吴洪兴，刘景珍，2004. 转基因抗虫棉发展现状及产业化. 农业科技通讯，9：34 - 35］

Rui YK，2003. Studies on the Biosafety of Transgenic Insecticidal Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) to Itself and Soil Ecology. Doctoral thesis，China Agricultural University. 61 - 62.［芮玉奎，2003. 转基因抗虫棉(*Gossypium hirsutum* L.)生产安全性的研究. 中国农业大学博士论文. 61 - 62］

Sun CG，Zhang QW，Xu J，Wang YX，Liu JL，2003. Effects of transgenic *Bt* cotton and transgenic *Bt* + *CpTI* cotton on population dynamics of main cotton pests and their natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*，46(6)：705 - 712.［孙长贵，张青文，徐静，王因霞，刘俊丽，2003. 转 *Bt* 基因棉和转 *Bt* + *CpTI* 双价基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群动态的影响. 昆虫学报，46(6)：705 - 712］

Wang FY，Li RH，Zhou LY，Yu DP，Li J，Li ZH，2003. The study for tendency of community and compositive measure of prevention or cure on insect in Bt transgenic cotton field. *Journal of Laiyang Agricultural College*，20(1)：16 - 20.［王风延，李瑞花，周兰英，于佃平，李军，李照会，2003. 转 BT 基因抗虫棉田昆虫种群动态及综合防治研究. 莱阳农学院学报，20(1)：16 - 20］

Wang WG，Wu KM，Liang GM，Li XL，1999. Occurrence of cotton pests in the Bt cotton fields and its control strategy. *Plant Protection*，25(1)：3 - 5.［王武刚，吴孔明，梁革梅，李修立，1999. Bt 棉对主要棉虫发生的影响及防治对策. 植物保护，25(1)：3 - 5］

Wei GS，Cui L，Zhang XM，Liu S，Lu N，Zhang QW，2001. Arthropod community structures in transgenic *Bt* cotton fields. *Chinese Journal of Applied Ecology*，12(4)：576 - 580.［魏国树，崔龙，张小梅，刘顺，吕楠，张青文，2001. 转 Bt 基因棉田节肢动物群落结构特征研究. 应用生态学报，12(4)：576 - 580］

Wilson FD，Flint HM，Deaton WR，Fischhoff DA，Perlak FJ，Armstrong TA，Fuchs RL，Berberich SA，Parks NJ，Strapp BR，1992. Resistance of cotton lines containing a *Bacillus thuringiensis* toxin to pink bollworm and other insects. *J. Econ. Entomol.*，85(4)：1 516 - 1 521.

Wilson FD，Flint HM，Deaton WR，Buehler RE，1994. Yield，yield components，and fiber properties of insect-resistant cotton lines containing a *Bacillus thuringiensis* toxin gene. *Crop Science*，34(1)：38 - 41.

Wu G，Wu KM，Liang GM，Li XL，1999. Occurrence of cotton pests in the Bt cotton fields and its control strategy. *Plant Protection*，1：3 - 5.［武刚，吴孔明，梁革梅，李修立，1999. Bt 棉对主要棉虫发生的影响及防治对策. 植物保护，1：3 - 5］

Wu K，Li W，Feng H，2002. Seasonal abundance of the mirids，*Lygus lucorum* and *Adelphocoris* spp. (Hemiptera：Miridae) on Bt cotton in northern China. *Crop Protection*，21：997 - 1 002.

Wu YQ，Guo YY，Zeng QL，2000. Preliminary testing of contents of total phenolics and condensed tannins in the Bt cotton. *Journal of Henan Agricultural University*，34(2)：134 - 138.［武予清，郭予元，曾庆龄，2000. 转 Bt 基因棉单宁及棉酚含量的初步测定. 河南农业大学学报，34(2)：134 - 138］

Xu BL，Jia JH，Wang YX，Su N，Chen Y，Zheng JL，Wu YJ，Zhang QW，2003. Effect of cotton seed materials in cultural medium to the growth of *Pleurotus ostreatus*. *Edible Fungi of China*，23(3)：29 - 31.［徐宝梁，贾建会，王因霞，苏宁，陈颖，郑建林，吴亚君，张青文，2003. 培养料中棉籽成分对平菇生长的影响. 中国食用菌，23(3)：29 - 31］

Yang L，Nie TL，Liu SX，Sun PX，Xiao YL，2003. Research on the change regularity of target and untarget insects in zoophobous hybrid cotton ci3 fields. *Jiangxi Cotton*，25(2)：9 - 13.［杨磊，聂太礼，刘水仙，孙平秀，肖远龙，2003. 慈抗杂 3 号棉田靶标与非靶标昆虫的种群变动规律初探. 江西棉花，25(2)：9 - 13］

Zhang YJ，Guo YY，2000. Interactions between condensed tannin and Bt crystal protein in cotton. *Acta Gossypii Sinica*，12(6)：294 - 297.［张永军，郭予元，2000. 棉花缩合单宁和 Bt 杀虫蛋白的交互抗性. 棉花学报，12(6)：294 - 297］

Zhang YJ，Guo YY，Wu KM，Wang WG，2002. Interactions between exogenous Bt-ICP and cotton flavonoids. *Chin. J. Appl. Environ. Biol.*，8(4)：371 - 377.［张永军，郭予元，吴孔明，王武刚，2002. 外源 Bt 杀虫蛋白和棉花抗虫黄酮类化合物的互作关系. 应用与环境生物学报，8(4)：371 - 377］

Zhang YJ，Yang J，Guo YY，Wu KM，2002. Study on the interactions between exogenous Bt2ICP and cotton terpenoids chemicals. *Scientia Agricultura Sinica*，35(5)：514 - 519.［张永军，杨舰，郭予元，吴孔明，2002. 外源 Bt 杀虫蛋白和棉花主要抗虫萜烯类物质互作关系研究. 中国农业科学，35(5)：514 - 519］

（责任编辑：袁德成）